

P2-2008-115

Н. Т. Кашукеев

ПО ПОВОДУ ОДНОГО СЛЕДСТВИЯ ПРИНЦИПА  
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРОБЛЕМЫ ГРАВИТАЦИИ

Предисловие А. В. Стрелкова, В. И. Фурмана

Кашукеев Н. Т.

P2-2008-115

По поводу одного следствия принципа неопределенности для проблемы гравитации

Из соотношения неопределенности  $\Delta p \Delta x \geq \hbar/2$  при размере Вселенной  $R \sim 10^{28}$  см следует, что минимальный импульс частицы  $\Delta p = \mu c$  больше чем  $\hbar/2R$ . Отсюда следует, что минимально возможная масса частицы составляет  $\sim 1,8 \cdot 10^{-66}$  г. Делается предположение, что именно эти минимально возможные по массе частицы ответственны за гравитационное взаимодействие.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2008

Kashukeev N. T.

P2-2008-115

On One Inference from the Uncertainty Principle to Gravitation

The uncertainty relation  $\Delta p \Delta x \geq \hbar/2$  applied to the Universe of the size  $R \approx 10^{28}$  cm and to a particle momentum  $\Delta p = \mu c$  leads to a minimal possible particle mass of  $\approx 1.8 \cdot 10^{-66}$  g. The assumption is made that such minimal mass particles are responsible for the gravitational interaction.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Весной этого года в Лабораторию нейтронной физики из Болгарии пришла скорбная весть — в Софии 19 марта 2008 г. скончался видный болгарский ученый-физик, профессор Н. Т. Кашукеев. Никифор Тодоров (или Никифор Тодорович, как его называли в России) Кашукеев хорошо известен в Лаборатории нейтронной физики. Он был в числе первых сотрудников этой лаборатории, созданной в 1957 г. Н. Т. Кашукеев работал в Лаборатории нейтронной физики в семидесятых годах, но и сейчас многие сотрудники нашей лаборатории хорошо помнят этого вдумчивого, эрудированного физика с прекрасными человеческими качествами.

Н. Т. Кашукеев родился 24 октября 1917 г. в селе Шатрово Кюстендилского округа на западе Болгарии. В 1943 г. он с отличием окончил физико-математический факультет Софийского университета и работал учителем физики в гимназии. Через два года он по конкурсу был принят ассистентом в Софийский университет, где занимался вопросами оптики и фотоэлектретами под руководством профессора Георгия Наджакова, одновременно он читал лекции по физике на физико-математическом факультете. В 1949 г. Н. Т. Кашукеев возглавил Лабораторию ядерной физики только что созданного Физического института Болгарской академии наук. С 1956 г. его деятельность тесно связана с исследованиями в области нейтронной физики. Никифора Тодоровича направляют в СССР на стажировку в ФИАН в Лабораторию атомного ядра, которой в то время руководил И. М. Франк. По его предложению Н. Т. Кашукеев стал одним из первых сотрудников образованной Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ в Дубне, где он проработал до 1959 г.

Вернувшись в Софию, Н. Т. Кашукеев руководил исследованиями в области нейтронной физики и физики реакторов в Институте ядерных исследований и ядерной энергетики (ИЯИЯЭ). Под руководством профессора Н. Т. Кашукеева на реакторе ИРТ в Софии создается оригинальное устройство для генерации ультрахолодных нейтронов, впоследствии названное «турбиной Кашукеева». Эта установка позволяла (посредством потери кинетической энергии нейтроном от последовательности ударов нейтрона от убегающего



Н. Т. Кашукеев за наладкой установки по измерению верхней границы существования электрического заряда у нейтрона. Дубна, октябрь 1989 г.

зеркала) получать ультрахолодные нейтроны и концентрировать их вблизи оси вращающегося зеркала.

В середине 1976 г. Н. Т. Кашукеев приехал в Дубну и снова стал сотрудником Лаборатории нейтронной физики. Он руководил группой исследователей, которая поставила своей целью выяснить вопрос о наличии электрического заряда у нейтрона. Н. Т. Кашукеев предложил использовать для этого оптические свойства ультрахолодных нейтронов, которые должны очень медленно проходить через установку, к которой прикладывалось большое электрическое напряжение. Тем самым сильно увеличивалась чувствительность к воздействию электрического поля на нейтрон, поскольку время нахождения нейтрона в электрическом поле довольно значительно. Под руководством Н. Т. Кашукеева была создана оригинальная установка КИТКА. Некоторые подготовительные измерения для этой установки проведены на мощном исследовательском реакторе СМ-2 в Научно-исследовательском институте атомных реакторов в Димитровграде, где были изучены вопросы транспортировки и фокусировки ультрахолодных нейтронов, а также с успехом опробована методика регистрации ультрахолодных нейтронов твердотельными трековыми

детекторами, позволяющая наблюдать форму пучка нейтронов в фокальной плоскости установки. В экспериментах в Димитровграде Н. Т. Кашукеев впервые наблюдал многократное отражение ультрахолодных нейтронов от идеально горизонтального жидкого зеркала из металлического галлия, что дало возможность полностью ликвидировать отклонение пучка нейтронов в поле тяжести Земли, вызванное даже очень незначительной негоризонтальностью отражающего зеркала.

Основные эксперименты по поиску электрического заряда у нейтрона Н. Т. Кашукеев со своей группой провел вместе с группой В. М. Лобашева на реакторе ВВРм в Гатчине, где в то время был самый интенсивный в мире поток ультрахолодных нейтронов.

Существование пусть даже очень малого электрического заряда у нейтрона, по мнению Н. Т. Кашукеева, могло бы объяснить разбегание галактик обычным кулоновским расталкиванием. Н. Т. Кашукеев, исходя из самых общих представлений о размере Вселенной и из соотношения неопределенности, сделал оценку верхней границы существования электрического заряда у нейтрона.

В эксперименте Н. Т. Кашукеева электрический заряд у нейтрона обнаружен не был. В эксперименте, выполненном впоследствии в Гренобле с большей точностью, верхняя граница существования электрического заряда у нейтрона была понижена еще в несколько раз.

В нашей лаборатории Н. Т. Кашукеев пользовался большим авторитетом. Профессионализм, внимательность и доброта притягивали к нему людей. Несмотря на свой уже сравнительно пожилой возраст, он был бодр и активно участвовал в общественной жизни коллектива, регулярно выходил и трудился на субботниках.

После выхода на пенсию Н. Т. Кашукеев продолжал интересоваться наукой и не терял связи со своими коллегами. Он живо обсуждал с ними новые полученные результаты экспериментов и давал ряд советов. Н. Т. Кашукеев предложил несколько моделей для объяснения так называемого малого нагрета — эффекта, открытого в физике ультрахолодных нейтронов, который вызвал некоторую сенсацию у специалистов.

Узнав о том, что в Гренобле в ILL подготавливается эксперимент по наблюдению квантовых состояний нейтрона в гравитационном поле Земли, Н. Т. Кашукеев предложил использовать трековые детекторы нейтронов для непосредственного наблюдения картины квантовых состояний в эксперименте. Трековые детекторы с успехом были использованы на установке в Институте Лауэ–Ланжевена (Гренобль), где впервые показано, что законы квантовой механики распространяются и на гравитационное взаимодействие.

Ниже публикуется последняя работа Н. Т. Кашукеева, которую он написал всего за месяц до своей кончины. В этой работе он из простых и понятных допущений получает результат фундаментального значения, кото-

рый предполагает механизм гравитационного взаимодействия. У специалистов существует различное понимание этой проблемы. Одни утверждают, что соотношение неопределенности Бора–Гейзенберга имеет смысл только для пространственных декартовых координат и канонически сопряженных им импульсов, которые могут существовать только в евклидовом пространстве. По их мнению, наше пространство описывается плоской моделью Фридмана–Робертсона–Уокера, в которой предположение о конечности Вселенной и, соответственно, квантование импульса не может выполняться, а величина размера Вселенной  $\sim 10^{28}$  см является радиусом пространственно-временной кривизны, но не пространственным радиусом Вселенной.

Однако существует и другое мнение о правомерности применения соотношения неопределенности для всей Вселенной; на этом и основана работа Н. Т. Кашукеева.

Работа Н. Т. Кашукеева представляет несомненный интерес в первую очередь потому, что в ней нет подгоночных параметров. Есть некоторые разумные гипотезы, которые, впрочем, могут быть оспорены специалистами. Закрытая в своей логике цепочка предположений сводится в конечном счете к комбинаторике фундаментальных констант, описывающих нашу Вселенную. Эта логика с использованием, в основном, соображений размерности приводит к закону тяготения, константа которого удивительно близка к известному экспериментальному значению. Уже только поэтому статья Н. Т. Кашукеева заслуживает внимания научной общественности.

Ушедший от нас недавно Н. Т. Кашукеев был физиком-экспериментатором с прекрасной научной интуицией. Представляется, что и в данной работе она его не подвела.

*Ведущие научные сотрудники  
ЛНФ ОИЯИ А. В. Стрелков,  
В. И. Фурман*

## ПО ПОВОДУ ОДНОГО СЛЕДСТВИЯ ПРИНЦИПА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРОБЛЕМЫ ГРАВИТАЦИИ

Из соотношения неопределенностей  $\Delta p \Delta x \geq \hbar/2$  следует, что если наша Вселенная конечна ( $R = 10^{28}$  см), то импульс (одной данной) свободной частицы  $\Delta p$  не может равняться нулю.

Если положение такой частицы определено с точностью  $\Delta x = R$ , то ее импульс будет определен с минимальной ошибкой  $\Delta p$ , которую можно считать минимальной порцией (квантом) импульса  $\Delta p = \mu c$ . Этому кванту импульса отвечает частица с минимальной массой  $\mu = \hbar/2Rc$  и с минимальной энергией  $\hbar c/4R$ . Частицей с такой массой скорее всего мог бы быть фотон с энергией  $\hbar\nu = \hbar c/2R$  и  $\lambda = 4\pi R$ .

Запрета на существование таких сверхлегких частиц нет, и, следовательно, такие частицы существуют. Возможно, что они появились в огромном количестве во время Большого взрыва в виде густого тумана. С остыванием Вселенной часть из них конденсировалась в виде различных материальных тел (звезд, галактик, космической пыли и т.д.). Другая часть, может быть, осталась и сейчас заполняет космическое пространство.

В одной своей научно-популярной статье [1] К. П. Станюкович сообщает о таких частицах с массами  $5 \cdot 10^{-66}$  г, которые он называет гравитонами. По его мнению, гравитоны являются носителями гравитационного поля. Они излучаются элементарными частицами при их колебаниях. При этом излучающие их тела испытывают эффект отдачи, с помощью которой он объясняет гравитационное взаимодействие между телами. Также сообщается, что в рамках этой гипотезы получается полное совпадение с наблюдаемыми фактами и величинами. Квантовая разработка этой проблемы также дала хорошие результаты. Не все выводы, однако, можно было бы проверить экспериментально. Более конкретных данных об исследованиях этого явления в данной статье нет.

Мы хотим отметить, что массы найденных нами сверхлегких частиц  $\mu = \hbar/2Rc = 1,8 \cdot 10^{-66}$  г всего в 2,8 раза легче, чем масса гравитона Станюковича. Имея в виду, что величина  $R$  точно неизвестна, мы можем утверждать, что совпадение хорошее и все сказанное относится к одной и той же частице. Поэтому мы также назовем полученные нами частицы гравитонами. Подобно Станюковичу мы попробуем с их помощью объяснить гравитационное взаимодействие, однако несколько в другом аспекте. Вместо сил отдачи при излучении гравитонов мы воспользуемся силами импульсов, которые тела получают при поглощении (конденсации) гравитонов.

Каждый гравитон с массой  $\mu$  и скоростью  $c$  обладает количеством движения  $p = \mu c = \hbar/2R$ , которое он передает поглощающему его телу. В результате это тело получает импульс (отдачу) с силой  $f = \Delta p/T = \mu c^2/R$ . В качестве времени остановки (поглощения) гравитона мы принимаем  $t = T$ ,

равное возрасту Вселенной, потому что речь идет о поглощении волнового объекта с длиной волны порядка  $R$ . Поглощение такого объекта происходит за время  $T = R/c$ .

Если масса тела  $m$ , то можно представить, что в нем встроены  $m/\mu$  гравитонов и что при его формировании оно получило  $m/\mu$  элементарных ударов (толчков) с силой  $f = \mu c^2/R$ , направленных в разные стороны. Результирующая этих сил равна нулю, из-за чего от их взаимодействия положение тела не меняется.

Картина такова, что если Вселенная гомогенна, то и пространство вокруг нашего тела изотропно. Однако если на расстоянии  $r$  от него есть другое тело с массой  $m_2$ , то картина меняется. Часть  $Km_2/r^2$  от всех элементарных сил  $m_1 c^2/R$  направлена к этому телу. Эти силы суммируются в одну силу

$$F_1 = (m_1 c^2/R)(Km_2/r^2), \quad (1)$$

которая притягивает тело с массой  $m_1$  к телу с массой  $m_2$ .

Замещая  $m_1$  и  $m_2$  в этом выражении, получаем силу  $F_2$

$$F_2 = (m_2 c^2/R)(Km_1/r^2), \quad (2)$$

которая притягивает второе тело к первому.

Обе силы равны по величине и направлены друг против друга. Поэтому они притягивают тела. Их суммарный эффект соответствует притяжению двух тел с силой

$$F = Dm_1 m_2 / r^2, \quad (3)$$

где  $D = Kc^2/R$  является константой притяжения.

В случае, когда данное тело с массой  $m$  взаимодействует со всей Вселенной, т. е. во взаимодействие дают вклад все элементарные силы, это означает, что  $KM/R^2 = 1$ , откуда следует  $K = R^2/M$ , а константа притяжения равняется  $D = c^2 R/M$  [дин · см<sup>2</sup>/г<sup>2</sup>].

Если мы воспользуемся данными из таблиц для величин  $R = 10^{28}$  см,  $M = 10^{56}$  г и плотности Вселенной  $\sigma = 10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>, то для константы притяжения получается численная величина

$$D = 9 \cdot 10^{-8} \text{ дин} \cdot \text{см}^2/\text{г}^2. \quad (4)$$

Эта величина того же порядка, что и величина гравитационной константы  $G = 6,67 \cdot 10^{-8}$  дин · см<sup>2</sup>/г<sup>2</sup>.

Имея в виду, что значения  $R$ ,  $M$  и  $\sigma$  известны достаточно приближенно, можно утверждать, что полученная константа  $D$  хорошо согласуется с гравитационной константой  $G$ , т. е.  $D \approx G$ .

Следовательно, формула (3) совпадает с законом Ньютона, а гравитационная константа может быть приближенно выражена как  $G = c^2 R/M$ .



Таким образом, мы получили не только закон Ньютона, но и величину и структуру гравитационной константы. Это не только дает возможность сравнивать полученное значение  $G$  с его экспериментальным значением, но и открывает возможности проведения различных интерпретаций, связанных с вопросом о постоянстве этой величины.

Проблема гравитации — одна из самых трудных проблем теоретической физики, она до сих пор в полной мере не решена. Полученные нами результаты довольно скромны, но все-таки заслуживают определенного внимания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев М. В., Станюкович К. П.* Сила, что движет мирами. М., 1969.

Получено 31 июля 2008 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 23.09.2008.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,62. Уч.-изд. л. 0,77. Тираж 415 экз. Заказ № 56313.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)